

(51)Int.Cl.
H 01 L 33/00

識別記号

府内整理番号

F I
H 01 L 33/00技術表示箇所
A

審査請求 未請求 請求項の数14 FD (全 8 頁)

(21)出願番号

特願平7-338148

(22)出願日

平成7年(1995)11月30日

(71)出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号

(71)出願人 000155023

株式会社堀場製作所

京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地

(72)発明者 小橋 宏司

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号

株式会社神戸製鋼所内

(72)発明者 中田 嘉昭

京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地

株式会社堀場製作所内

(74)代理人 弁理士 藤本 英夫

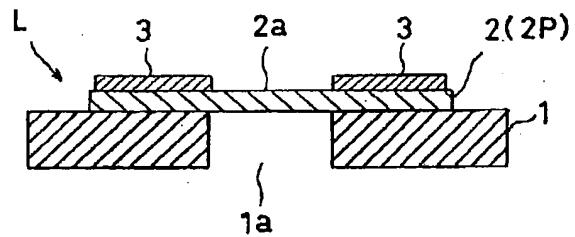
最終頁に続く

(54)【発明の名称】赤外線光源

(57)【要約】

【課題】耐久性や昇・降温における応答性に優れたコンパクトな赤外線光源を提供すること。

【解決手段】絶縁基板1上にp型半導体ダイヤモンド膜2Pを形成し、このp型半導体ダイヤモンド膜2Pに二つの電極3を形成し、この電極3の間のp型半導体ダイヤモンド膜2Pの部分2aを発光部とした。



1…絶縁基板
2…ダイヤモンド膜
2a…発光部
3…電極

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ダイヤモンド膜を構成要素とすることを特徴とする赤外線光源。

【請求項2】 発光源が気相合成されているダイヤモンド膜である請求項1に記載の赤外線光源。

【請求項3】 発光源がダイヤモンド膜と導電性薄膜とが密着した構造である請求項1に記載の赤外線光源。

【請求項4】 ダイヤモンド膜が自立性または発光部のみが自立性である請求項1～3のいずれかに記載の赤外線光源。

【請求項5】 ダイヤモンド膜の全部または一部がボロンドープされたp型半導体である請求項1～4のいずれかに記載の赤外線光源。

【請求項6】 ダイヤモンド膜がp型半導体層とアンドープ層とが積層された構造を有する請求項1～5のいずれかに記載の赤外線光源。

【請求項7】 ダイヤモンド膜が電気絶縁性のアンドープ膜である請求項3に記載の赤外線光源。

【請求項8】 電極材料が白金、金、モリブデン、ニッケル、タンゲステン、チタンから選ばれた少なくとも1つ以上の元素を含む請求項1～7のいずれかに記載の赤外線光源。

【請求項9】 ダイヤモンド膜におけるボロンドーピング濃度が $10^{16} / \text{cm}^3 \sim 10^{22} / \text{cm}^3$ といった濃度である請求項1、2および4～7のいずれかに記載の赤外線光源。

【請求項10】 電極直下のダイヤモンド膜におけるボロンドーピング濃度が $10^{20} / \text{cm}^3 \sim 10^{23} / \text{cm}^3$ といった高濃度である請求項1、2および4～7のいずれかに記載の赤外線光源。

【請求項11】 ダイヤモンド膜に蒸着された導電性薄膜の厚みが、自立性ダイヤモンド部分では所定の厚みを有し、これ以外の部分では前記自立性ダイヤモンド部分よりも厚い請求項3に記載の赤外線光源。

【請求項12】 電気抵抗を測定することにより、発光部の温度を測定または推定し、発光部の制御を行う請求項1～11のいずれかに記載の赤外線光源。

【請求項13】 同一基板上に複数の発光部が形成されている請求項1～12のいずれかに記載の赤外線光源。

【請求項14】 ダイヤモンド膜が(100)または(111)に配向された高配向性膜である請求項1～13のいずれかに記載の赤外線光源。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、例えば赤外線ガス分析計などに用いられる赤外線光源に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、赤外線ガス分析計に用いられる赤外線光源としては、発光のふらつきが小さく、経時に劣化が小さく、かつ、安定発光までの時間が短いこと

が求められている。この赤外線光源では、波長2～10μmの赤外線領域での赤外線放射を得るために、フィラメント温度が600～800℃程度となるよう電圧が印加されている。

【0003】従来、この種の赤外線光源として、発光部のフィラメントがタンゲステン(W)や白金(Pt)線などの金属線をコイル状に巻いたものや、コイル表面をアルミナなどのセラミックで被覆することにより、赤外線領域での発光効率を高めたものなどがある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の赤外線光源は、発光部のフィラメント部分の経時的な劣化や、温度上昇による各部の機械的歪みの発生などを考慮する必要があり、小型化、マイクロ化する上で障害となっていた。また、金属コイルの場合、抵抗の温度係数が負特性を示すため、温度分布が生じやすいという欠点があった。

【0005】これに対して、半導体ウエハプロセスを用いて、絶縁基板上に金属薄膜やシリコン(Si)のフィラメントを形成することが試みられているが、前記したような高温領域での耐久性や安定性に欠けるとともに、昇・降温における応答性が赤外線光源としては不十分である。

【0006】この発明は、上述の事柄に留意してなされたもので、その目的は、耐久性や昇・降温における応答性に優れたコンパクトな赤外線光源を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、この発明は、半導体ダイヤモンドまたは非ダイヤモンド材料の抵抗体を蒸着したダイヤモンドを用いている。

【0008】

【発明の実施の形態】この発明の赤外線光源は、ダイヤモンド膜を構成要素としている。

【0009】この場合、発光源を気相合成しているダイヤモンド膜で形成してもよい。

【0010】ダイヤモンド膜と導電性薄膜とが密着した構造にしてもよく、この場合、ダイヤモンド膜が電気絶縁性のアンドープ膜であってもよい。

【0011】そして、ダイヤモンド膜は自立性であってもよく、また、発光部のみが自立性であってもよい。このようにした場合、ベース部材の全部または一部を省略できる。

【0012】また、ダイヤモンド膜の全部または一部がボロン(B)ドープされたp型半導体であってもよい。Bドープすることにより、ダイヤモンドの抵抗率が低下する。

【0013】さらに、ダイヤモンド膜がp型半導体層とアンドープ層とが積層された構造を有していてもよい。

このようにした場合、p型半導体層がホモエピタキシャル成長し、膜特性が均一になる。そして、p型半導体層の上面にアンドープ層をさらに積層することにより、アンドープ層がp型半導体層のパッシバーションの働きをし、表面が大気中の酸素で多少エッチングされても、p型半導体層に影響が及ぼされることがない。

【0014】電極材料としては、白金(Pt)、金(Au)、モリブデン(Mo)、ニッケル(Ni)、タンクステン(W)、チタン(Ti)から選ばれた少なくとも1つ以上の元素を含むものであればよいが、単体ではPtを用いるのが最も好ましい。

【0015】ダイヤモンド膜におけるBドーピング濃度は、 $10^{16}/\text{cm}^3 \sim 10^{22}/\text{cm}^3$ といった濃度が好ましい。これは、前記濃度が $10^{16}/\text{cm}^3$ より低いと高抵抗となり、 $10^{22}/\text{cm}^3$ を超えた場合、ダイヤモンド膜の結晶性が悪くなるからである。

【0016】また、電極直下のダイヤモンド膜におけるBドーピング濃度は、 $10^{20}/\text{cm}^3 \sim 10^{23}/\text{cm}^3$ といった高濃度が好ましい。これは、電極直下を高濃度にドープ(ヘビードープ)することにより接触抵抗が低下するからである。この場合、ヘビードープ層の厚さは $1\mu\text{m}$ 以下でよいので、結晶性が低下しても構わない。

【0017】ダイヤモンド膜に蒸着された導電性薄膜の厚みが、自立性ダイヤモンド部分では所定の厚みを有し、これ以外の部分では前記自立性ダイヤモンド部分よりも厚く形成してもよい。

【0018】電気抵抗を測定することにより、発光部の温度を測定または推定し、発光部の制御を行うようにしてもよい。

【0019】同一基板上に複数の発光部を形成してあってもよい。

【0020】ダイヤモンド膜が(100)または(111)に配向された高配向性膜としてもよい。

【0021】ダイヤモンドは、耐熱性に優れ、その単結晶は非酸化雰囲気中では 1200°C までの高温でも劣化せず、気相合成法により形成された多結晶膜でも、大気中で約 $700\sim 800^\circ\text{C}$ に耐えることができる。また、室温付近での熱伝導率は、物質中最大であるといった特徴を有する。

【0022】ダイヤモンドは、バンドギャップが大きく(5.5 eV)、通常は絶縁体であるが、不純物ドーピングにより半導体化できる。また、絶縁破壊電圧や飽和ドリフト速度が大きく、誘電率が小さいという優れた電気的特性を有する。このような特徴により、ダイヤモンドは、高温・高周波・高電界用の電子デバイス・センサ材料として期待されている。

【0023】また、バンドギャップが大きいことを利用した紫外線などの短波長領域に対応する光センサは発光素子への応用、熱伝導率が大きく、比熱が小さいことを利用した放熱基板材料、物質中で最も硬いという特性を

生かした表面弹性波素子への応用、高い光透過性・屈折率を利用したX線窓や光学材料への応用などが進められている。さらに、ダイヤモンドは、工具の耐磨耗部にも使用されている。

【0024】ダイヤモンドの耐熱性および半導体特性の応用に温度センサがある。また、半導体ダイヤモンド薄膜でフィラメント構造を形成し、通電加熱によりヒータとして利用することも考えられている(例えば、特開平7-161455号公報参照)。

【0025】ダイヤモンドの気相合成法としては、マイクロ波化学気相蒸着(CVD)法(例えば、特公昭59-27754号公報、特公昭61-3320号公報参照)。高周波プラズマCVD法、熱フィラメントCVD法、直流プラズマCVD法、プラズマジェット法、燃焼法、熱CVD法などが知られている。これらの気相合成法では、膜状のダイヤモンドが低コスト・大面積で得られるという特徴がある。

【0026】Siなどの非ダイヤモンド基板に気相合成されたダイヤモンド膜は、一般に、ダイヤモンド粒子がランダムに凝集した多結晶である。しかし、ダイヤモンド結晶粒子がほぼ一定方向に揃った高配向性の合成も報告されており、多結晶膜を用いた場合よりも耐熱性に優れていることが報告されている。さらに、最近では、白金単結晶面に粒界の見られないダイヤモンド膜が気相合成により成長することも報告されており、このような膜の耐熱性は、バルクダイヤモンドに近いと考えられる。

【0027】

【実施例】実施例について、図面を参照しながら説明する。図1および図2は、第1実施例の赤外線光源Lを示す。これらの図において、1は絶縁基板、2はこの絶縁基板1の上面に気相合成されたダイヤモンド膜で、この実施例においてはp型半導体ダイヤモンド膜(以下、p型半導体ダイヤモンド膜を符号2Pで表す)である。3はこのp型半導体ダイヤモンド膜2Pの上面に適宜の間隔をおいて形成される電極である。そして、p型半導体ダイヤモンド膜2Pの二つの電極3の間に部分2aは、p型半導体ダイヤモンド膜2Pの他の部分2bと異なり、図2に示すように、平面形状が細長く、かつ蛇行した状態に形成され、赤外線の発光部となるものである。

1aは絶縁基板1の発光部2aに対応する部分をエッチングによって削除されたエッチング部である。

【0028】前記絶縁基板1としては、例えば表面に窒化膜(Si₃N₄など)を形成したSi基板を用いることができ、この窒化膜の上面にp型半導体ダイヤモンド膜2Pが形成される。そして、電極3の材料としては、Pt、Au、Mo、Ni、W、Tiから選ばれた少なくとも1つ以上の元素を含むものを用いることができるが、単体ではPtを用いるのが最も好ましい。また、電極3をTi(10~500Å)にPtを積層して形成したり、あるいは、PtにTi(0.1~5%)を混ぜ合

わせた合金材料で形成してもよい。

【0029】図11は、絶縁基板1の窒化膜表面にp型半導体ダイヤモンド膜2Pを気相合成するためのマイクロ波CVD装置4の一例を示し、この図において、5は石英からなる反応管、6は反応管5と直交するように設けられる導波管である。反応管5の一端側には原料ガスの導入口7が形成され、他端側には図示していない真空ポンプなどを備えた流路に連なる排気口8が形成されている。9は位置調節手段10によってその位置が調節される基板ホルダである。導波管6の一端側にはマイクロ波電源11が設けられ、他端側にはプランジャー12を備えた反射板13が設けられている。14はアイソレータ、15はチューナである。

【0030】上記マイクロ波CVD装置4を用いて、絶縁基板1上にp型半導体ダイヤモンド膜2Pを気相合成するには、まず、基板ホルダ9に絶縁基板1を保持する。そして、水素ガスで0.2~5%に希釈した水素・メタン混合ガス100scmにジボラン(B_2H_6)を0.01~100ppm添加したものを、反応管5内に原料ガスとして流し、反応管5内を30~60Torrに保持するとともに、絶縁基板1の温度を750~890°Cに保持し、その状態で300~500Wのマイクロ波パワーを与える。前記原料ガスがマイクロ波によって励起された電子によりプラズマ16となり、これが絶縁基板1上で気相反応してダイヤモンド構造が形成される。このようにして、気相合成を20時間続けると、厚さ10μmのp型半導体ダイヤモンド膜2Pが絶縁基板1上に形成される。

【0031】前記p型半導体ダイヤモンド膜2Pにおけるボロン(B)ドーピング濃度は、 $10^{16}/cm^3$ ~ $10^{22}/cm^3$ といった濃度が好ましい。これは、Bドーピングの濃度が $10^{16}/cm^3$ より低いと高抵抗となり、 $10^{22}/cm^3$ を超えた場合、p型半導体ダイヤモンド膜2Pの結晶性が悪くなるからである。

【0032】前記p型半導体ダイヤモンド膜2Pが形成された絶縁基板1をマイクロ波CVD装置4から取り出し、フォトリソグラフィ技術によりp型半導体ダイヤモンド膜2Pの中央部2aを、所定長さにわたって細長い帯状の蛇行した形状にする。この中央部2aは発光部となる。

【0033】次いで、前記発光部2aを形成した絶縁基板1を真空蒸着装置にセットし、前記発光部2aの両側のp型半導体ダイヤモンド膜2Pの上面にPtを蒸着して電極3を形成する。さらに、絶縁基板1の発光部2aに対応する部分をエッチングして除去することにより、図1および図2に示す赤外線光源しが得られる。

【0034】このように構成した赤外線光源しが、前記電極3に電圧を印加することにより、発光部2aが発熱・発光し、所望の赤外線が発せられる。

【0035】そして、前記赤外線光源Lにおいては、ダ

イヤモンド膜2の安定性のために耐久性に優れるとともに、熱容量が小さいことにより、高速で昇・降温することができます。また、全体の構成がコンパクトである。

【0036】また、前記赤外線光源Lにおいては、発光部2aがBドープされたp型半導体ダイヤモンド膜2Pよりなるので、その抵抗値が負の温度係数を有し、サーミスタとして光源自体の温度を測定できる。そして、前記抵抗値が一定になるように電流を制御することにより、温度を一定に保つことができる。

【0037】図3および図4は、第2実施例の赤外線光源Lを示す。この実施例における赤外線光源Lは、絶縁基板1の上面に形成されるダイヤモンド膜2がp型半導体ダイヤモンド膜2Pとアンドープのダイヤモンド膜2Uとからなり、絶縁基板1にアンドープダイヤモンド膜2Uを形成し、このアンドープダイヤモンド膜2Uの上面にp型半導体ダイヤモンド膜2Pを積層している。他の構成は、上記第1実施例のそれと同じである。

【0038】前記アンドープダイヤモンド膜2Uは、図11に示したマイクロ波CVD装置4を用いて形成することができる。すなわち、基板ホルダ9に絶縁基板1を保持する。そして、水素ガスで0.2~5%に希釈した水素・メタン混合ガス100scmを、反応管5内に原料ガスとして流し、反応管5内を30~60Torrに保持するとともに、絶縁基板1の温度を750~890°Cに保持し、その状態で300~500Wのマイクロ波パワーを与える。前記原料ガスがマイクロ波によって励起された電子によりプラズマ16となり、これが絶縁基板1上で気相反応してダイヤモンド構造が形成される。このようにして、気相合成を20時間続けると、厚さ10μmのアンドープダイヤモンド膜2Uが絶縁基板1上に形成される。

【0039】その後、アンドープダイヤモンド膜2Uの上面に、上記第1実施例と同様の手順によってp型半導体ダイヤモンド膜2Pおよび電極3を形成した後、同様に処理することにより、図3および図4に示すような赤外線光源Lを得ることができる。

【0040】この第2実施例の赤外線光源Lの動作は、上記第1実施例のものと同じである。そして、この第2実施例の赤外線光源Lは、上記第1実施例のものに加えて、次のような効果を奏する。すなわち、ダイヤモンド膜2がアンドープ層2U上にp型半導体層2Pを積層したものであるので、ホモエピタキシャル成長が可能となり、膜特性が均一になる。

【0041】なお、この第2実施例において、図示していないが、p型半導体層2Pの上面にアンドープ層をさらに積層することにより、p型半導体層2Pの上面のアンドープ層がp型半導体層2Pのパッシベーションの働きをし、表面が大気中の酸素で多少エッチングされても、p型半導体層2Pに影響が及ぼされることがない。

【0042】図5は、第3実施例の赤外線光源Lを示

す。この実施例における赤外線光源Lは、電極3直下のp型半導体ダイヤモンド膜2PにおけるBドーピング濃度を $10^{20}/cm^3 \sim 10^{23}/cm^3$ といった高濃度にしたもので、図中の符号17は、高濃度Bドーピング部を示している。このように、構成した赤外線光源Lの動作および効果は、前記第2実施例と同様であり、さらに、電極3直下を高濃度にドープ(ヘビードープ)することにより接触抵抗を低下させることができるといった効果を奏する。

【0043】なお、上記図5に示すように、電極3直下のp型半導体ダイヤモンド膜2PにおけるBドーピング濃度を高濃度にすることは、前記第1実施例や第2実施例にも適用してもよいことはいうまでもない。

【0044】また、上述の各実施例において、ダイヤモンド膜2がその全部を自立性とした場合には、絶縁基板1を省略することができる。そして、ダイヤモンド膜2の発光部2aのみを自立性としてもよく、この場合、絶縁基板1を設けておくのがよい。

【0045】そして、上述の各実施例では、ダイヤモンド膜2それ自体を赤外線発光体としていたが、この発明はこれに限られるものではなく、以下のようにすることもできる。

【0046】図6および図7は、第4実施例の赤外線光源Lを示す。この実施例における赤外線光源Lは、ダイヤモンド膜2の上面に導電性薄膜18を形成し、この導電性薄膜18を電極兼発光部としている。すなわち、絶縁基板1の上面に例えばアンドープダイヤモンド膜2Uを形成し、このアンドープダイヤモンド膜2Uの上面に例えばPtなどの金属を蒸着して導電性薄膜18を形成したものである。そして、導電性薄膜18の中央部18aをフォトリソグラフィ技術により、所定長さにわたって細長い帯状の蛇行した形状にして外線発光部とし、その両端部18bを電極としたものである。

【0047】このように構成した場合、ダイヤモンド膜2の熱容量が小さいことによって、昇・降温が速く、また、ダイヤモンド膜2の安定性のため、導電性薄膜18の拡散などの変化が少ない、耐久性の高い赤外線光源Lを得ることができる。

【0048】そして、この第4実施例において、ダイヤモンド膜2をp型半導体ダイヤモンド膜2Pで構成してもよい。このようにした場合、第1実施例と同様に、温度を一定に保持することができる。

【0049】図8は、第5実施例の赤外線光源Lを示す。この実施例における赤外線光源Lは、ダイヤモンド膜2をp型半導体ダイヤモンド膜2Pとアンドープのダイヤモンド膜2Uとから構成したもので、絶縁基板1にアンドープダイヤモンド膜2Uを形成し、このアンドープダイヤモンド膜2Uの上面にp型半導体ダイヤモンド膜2Pを積層している。他の構成は、上記第4実施例と同様である。

【0050】図9は、第6実施例の赤外線光源Lを示す。この実施例における赤外線光源Lは、ダイヤモンド膜2(p型半導体ダイヤモンド膜2Pであってもアンドープダイヤモンド膜2Uであってもよい)を、その中央部を自立性部分2jとし、その両側を非自立性部分2hとし、このダイヤモンド膜2上に形成される導電性薄膜18の自立性部分2jに対応する部分18aを所定の厚みの発光部とする一方、非自立性部分2hに対応する部分18bの厚みを、前記発光部18aのそれよりも大きくしている。

【0051】図10は、第7実施例の赤外線光源Lを示す。この実施例における赤外線光源Lは、絶縁基板1の上面に電気抵抗測定用の電極19を形成し、次いで、電極19の一部を残してp型半導体ダイヤモンド膜2Pを形成し、その上面にアンドープダイヤモンド膜2Uを積層し、このアンドープダイヤモンド膜2Uの上面に、図9に示すものと同様の導電性薄膜18を形成したものである。

【0052】このように構成した赤外線光源Lにおいては、発光部18aの温度を測定または推定できるので、発光部18aの温度制御をより精度よく行うことができる。

【0053】この発明は、上述の実施例に限られるものではなく、種々に変形して実施することができる。例えば、一つの絶縁基板1状に複数の発光部が形成してあってよい。そして、発光部2a, 18aの形状は、必ずしも蛇行させる必要はなく、この部分を連続した状態にしてあってもよく、種々のパターン形状にしてあってよい。また、ダイヤモンド膜2を(100)または(111)に配向された高配向性膜とすることにより、ダイヤモンド膜2の長期劣化を低減することができる。

【0054】

【発明の効果】この発明は、以上のような形態で実施され、以下のような効果を奏する。

【0055】この発明の赤外線光源は、ダイヤモンドを構成要素とするものであるから、耐熱性に優れるとともに、熱容量が小さいので、高速で昇・降温することができ、応答性に優れる。また、全体の構成がコンパクトである。

【0056】そして、発光部がBドープされたp型半導体ダイヤモンド膜よりなる場合、その抵抗値が負の温度係数を有するので、光源自体の温度を測定できる。そして、前記抵抗値が一定になるように電流を制御することにより、温度を一定に保つことができる。

【0057】また、ダイヤモンド膜を、アンドープ層とp型半導体層とをこの順で積層して形成した場合、p型半導体層がホモエピタキシャル成長することができ、膜特性が均一になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例の赤外線光源を示す縦断面図であ

る。

【図2】前記赤外線光源の全体形状を示す斜視図である。

【図3】第2実施例の赤外線光源を示す縦断面図である。

【図4】前記赤外線光源の全体形状を示す斜視図である。

【図5】第3実施例の赤外線光源を示す縦断面図である。

【図6】第4実施例の赤外線光源を示す縦断面図である。

【図7】前記赤外線光源の全体形状を示す斜視図である。

【図8】第5実施例の赤外線光源を示す縦断面図である。

【図9】第6実施例の赤外線光源を示す縦断面図である。

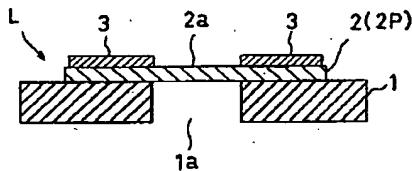
【図10】第6実施例の赤外線光源を示す縦断面図である。

【図11】マイクロ波CVD装置の一例を概略的に示す図である。

【符号の説明】

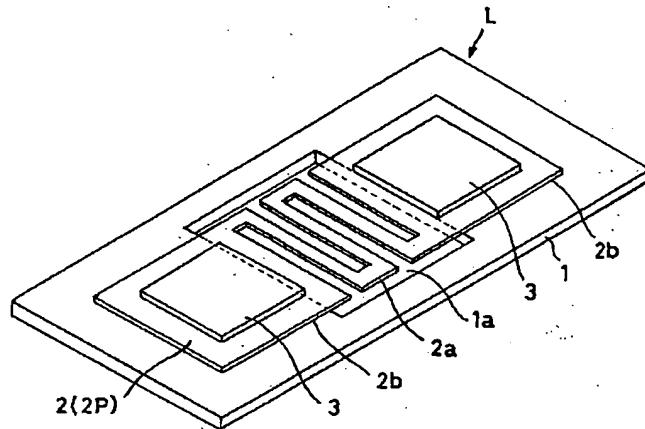
1…絶縁基板、2…ダイヤモンド膜、2P…p型半導体
ダイヤモンド膜、2U…アンドープダイヤモンド膜、2
a…発光部、3…電極、18…導電性薄膜、18a…発
光部。

【図1】

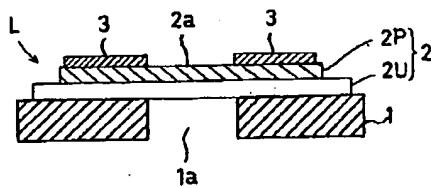


1…絶縁基板
2…ダイヤモンド膜
2a…発光部
3…電極

【図2】

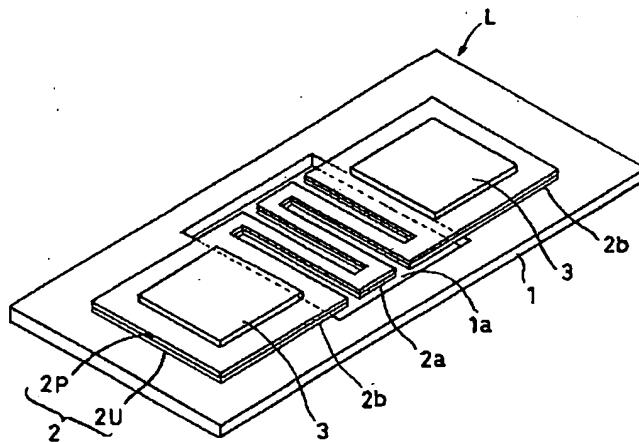


【図3】

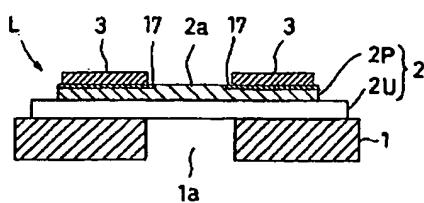


2P…p型半導体ダイヤモンド膜
2U…アンドープダイヤモンド膜

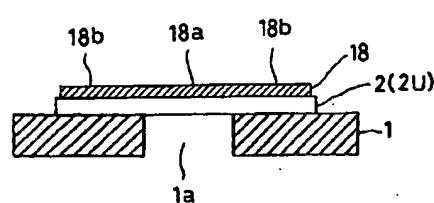
【図4】



【図5】

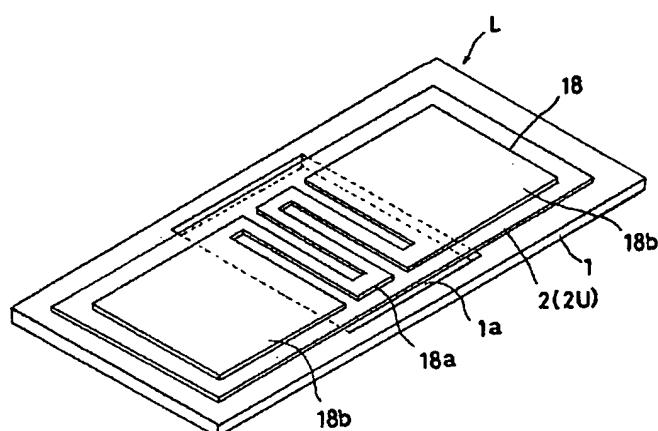


【図6】

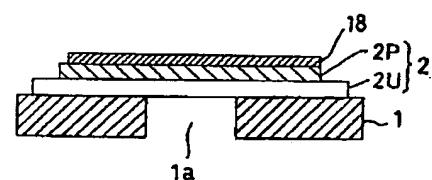


18…導電性膜層
18a…発光部

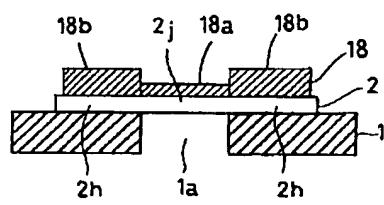
【図7】



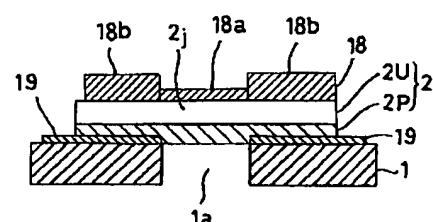
【図8】



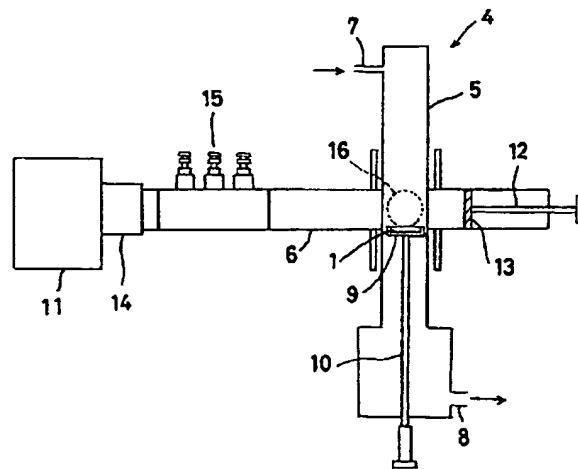
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 衣斐 寛之

京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地
株式会社堀場製作所内

(72)発明者 富田 勝彦

京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地
株式会社堀場製作所内

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-153640

(43)Date of publication of application : 10.06.1997

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 07-338148

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD
HORIBA LTD

(22)Date of filing : 30.11.1995

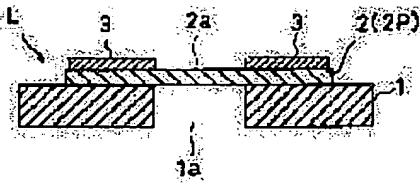
(72)Inventor : KOBASHI KOJI
NAKADA YOSHIAKI
IHI HIROYUKI
TOMITA KATSUHIKO

(54) INFRARED LIGHT SOURCE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the durability and the response to at temperature rise or fall by making a diamond film a constituent.

SOLUTION: A P-type semiconductor diamond film 2P is vapor-phase-synthesized on an insulating substrate 1, using a microwave CVD. And the insulating substrate 1 on which the P-type semiconductor diamond film 2P has been formed is taken out, and the central part 2a of the P-type semiconductor diamond film 2P is made to have a thin and long beltlike meandering shape stretching over a specified length, and this central part 2a makes a luminous part. Next, the insulating substrate 1 where the luminous part 2a has been formed is set in a vacuum evaporation apparatus, and Pt is deposited on the upper surface of the P-type semiconductor diamond film 2P on both sides of the luminous part 2a and electrodes 3 are formed. By etching and removing its corresponding part to the luminous part 2a in addition, an infrared light source L is obtained. And the luminous part 2a generates heat and emits light and desired infrared rays are emitted, by applying a voltage to the electrode 3.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3642853

[Date of registration] 04.02.2005

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The infrared light source characterized by using the diamond film as a component.

[Claim 2] The infrared light source according to claim 1 which is the diamond film with which gaseous-phase composition of the source of luminescence is carried out.

[Claim 3] The infrared light source according to claim 1 whose source of luminescence is the structure which the diamond film and a conductive thin film stuck.

[Claim 4] The infrared light source according to claim 1 to 3 only independence nature or whose light-emitting part the diamond film is independence nature.

[Claim 5] The infrared light source according to claim 1 to 4 all or some of whose diamond film is the p type semiconductor by which the boron dope was carried out.

[Claim 6] The infrared light source according to claim 1 to 5 in which the diamond film has the structure where the laminating of a p type semiconductor layer and the undoping layer was carried out.

[Claim 7] The infrared light source according to claim 3 whose diamond film is undoping film of electric insulation.

[Claim 8] The infrared light source containing at least one or more elements with which the electrode material was chosen from platinum, gold, molybdenum; nickel, a tungsten, and titanium according to claim 1 to 7.

[Claim 9] the boron doping concentration in the diamond film -- 3-1022/cm³ of 1016-/cm ** -- claims 1 and 2 which are the said concentration, and the infrared light source given in either 4-7.

[Claim 10] the boron doping concentration in the diamond film directly under an electrode -- 3-1023/cm³ of 1020-/cm ** -- claims 1 and 2 which are the said high concentration, and the infrared light source given in either 4-7.

[Claim 11] The thickness of the conductive thin film vapor-deposited by the diamond film has predetermined thickness in a self-standing diamond part, and it is the infrared light source [thicker than said self-standing diamond part] according to claim 3 in parts other than this.

[Claim 12] The infrared light source according to claim 1 to 11 which measures or presumes the temperature of a light-emitting part, and controls a light-emitting part by measuring electric resistance.

[Claim 13] The infrared light source according to claim 1 to 12 by which two or more light-emitting parts are formed on the same substrate.

[Claim 14] the diamond film -- or (100) (111) the infrared light source according to claim 1 to 13 which is your kind consideration tropism film by which orientation was carried out.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the infrared light source used for an infrared gas analyzer etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] Generally, as the infrared light source used for an infrared gas analyzer, it is called for that wandering of luminescence is small, and degradation is small with time, and the time amount to stable luminescence is short. In this infrared light source, in order to obtain the infrared emission in an infrared field with a wavelength of 2-10 micrometers, the electrical potential difference is impressed so that filament temperature may become about 600-800 degrees C.

[0003] Conventionally, there are that by which the filament of a light-emitting part coiled metal wires, such as a tungsten (W) and a platinum (Pt) line, around the coiled form, a thing which raised the luminous efficiency in an infrared field by covering a coil front face with ceramics, such as an alumina, as this kind of the infrared light source.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the above-mentioned infrared light source needed to take into consideration degradation of the filament part of a light-emitting part with time, generating of mechanical distortion of each part by the temperature rise, etc., and when miniaturizing and microfilming, it had become a failure. Moreover, in order that a temperature resistance coefficient might show the negative characteristic in the case of a stainless steel coil, there was a fault of being easy to produce temperature distribution.

[0005] On the other hand, although to form the filament of a metal thin film or silicon (Si) on an insulating substrate is tried using the semi-conductor wafer process, while endurance and stability in an elevated-temperature field which were described above are missing, the responsibility in ** and a temperature fall is

inadequate as the infrared light source.

[0006] This invention was made with careful attention to the above-mentioned matter, and that purpose is offering the compact infrared light source excellent in endurance or the responsibility in ** and a temperature fall.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, this invention uses the diamond which vapor-deposited the resistor of a semi-conductor diamond or a non-diamond ingredient.

[0008]

[Embodiment of the Invention] The infrared light source of this invention is using the diamond film as the component.

[0009] In this case, the source of luminescence may be formed by the diamond film by which gaseous-phase composition is carried out.

[0010] You may make it the structure which the diamond film and a conductive thin film stuck, and the diamond film may be undoping film of electric insulation in this case.

[0011] And the diamond film may be independence nature and only a light-emitting part may be independence nature. When it does in this way, all or a part of base member can be omitted.

[0012] Moreover, all or some of diamond film may be the p type semiconductor by which the boron (B) dope was carried out. The resistivity of a diamond falls by doing B dope of.

[0013] Furthermore, the diamond film may have the structure where the laminating of a p type semiconductor layer and the undoping layer was carried out. When it does in this way, a p type semiconductor layer grows homoepitaxially and a film property becomes homogeneity. And even if an undoping layer commits the passivation of a p type semiconductor layer and a front face is somewhat etched with the oxygen in atmospheric air by carrying out the laminating of the undoping layer to the top face of a p type semiconductor layer further, a p type semiconductor layer is not affected.

[0014] Be [what is necessary / just although at least one or more elements chosen from platinum (Pt), gold (Au), molybdenum (Mo), nickel (nickel), a tungsten (W), and titanium (Ti) are included as an electrode material], it is most desirable to use Pt alone.

[0015] B doping concentration in the diamond film is 3-1022/cm³ of 1016-/cm. The said concentration is desirable. For this, said concentration is 1016-/cm³. If low, it

will become high resistance, and it is $10^{22}/\text{cm}^3$. When it exceeds, it is because the crystallinity of the diamond film worsens.

[0016] Moreover, B doping concentration in the diamond film directly under an electrode is $3-10^{23}/\text{cm}^3$ of $10^{20}/\text{cm}$. The said high concentration is desirable. This is because contact resistance falls by doping directly under an electrode to high concentration (heavy dope). In this case, since 1 micrometer or less of the thickness of a heavy dope layer is sufficient, crystallinity may fall.

[0017] In a self-standing diamond part, the thickness of the conductive thin film vapor-deposited by the diamond film has predetermined thickness, and may form in parts other than this more thickly than said self-standing diamond part.

[0018] The temperature of a light-emitting part is measured or presumed, and it may be made to control a light-emitting part by measuring electric resistance.

[0019] Two or more light-emitting parts may be formed on the same substrate.

[0020] the diamond film -- or (100) (111) it is good also as your kind consideration tropism film by which orientation was carried out.

[0021] A diamond is excellent in thermal resistance, the single crystal cannot deteriorate at the elevated temperature to 1200 degrees C in a non-oxidizing atmosphere, either, but the polycrystal film formed by the vapor phase synthetic method can also bear about 700-800 degrees C in atmospheric air. Moreover, the thermal conductivity near a room temperature has the description of being the max in the matter.

[0022] A diamond can carry out [semi-conductor]-izing by impurity doping, although a band gap is usually an insulator greatly (5.5eV). Moreover, dielectric breakdown voltage and saturation drift velocity are large, and have the outstanding electrical characteristics that a dielectric constant is small. According to such a description, the diamond is expected as an electron device sensor material an elevated temperature, high frequency, and for quantity electric fields.

[0023] Moreover, application to the surface acoustic wave device which employed efficiently the property that it is the hardest in the heat dissipation substrate ingredient using the photosensor corresponding to short wavelength fields, such as ultraviolet rays for which the band gap used the large thing, having the application to a light emitting device and large thermal conductivity, and the specific heat being small, and the matter, application to the X-ray aperture and optical material using high light transmission nature and refractive index, etc. are advanced. Furthermore, the diamond is used also for the wear-proof section of a tool.

[0024] A temperature sensor is in application of the thermal resistance of a diamond,

and a semi-conductor property. Moreover, filament structure is formed with a semi-conductor diamond thin film, and using as a heater with energization heating is also considered (for example, refer to JP,7-161455,A).

[0025] as the vapor phase synthetic method of a diamond -- microwave chemistry gaseous-phase vacuum evaporationo (CVD) -- law (for example, refer to JP,59-27754,B and JP,61-3320,B). A high frequency plasma-CVD method, a heat filament CVD method, the direct-current-plasma CVD method, the plasma jet process, the combustion method, the heat CVD method, etc. are known. In these vapor phase synthetic methods, there is the description that a film-like diamond is obtained by low cost and the large area.

[0026] Generally the diamond film by which gaseous-phase composition was carried out at non-diamond substrates, such as Si, is the polycrystal which the diamond particle condensed at random. however, the composition of the tropism of your kind consideration for which the diamond crystal grain child gathered with the direction about 1 law is also reported, and excelling the case where the polycrystal film is used in thermal resistance is reported. Furthermore, it is also reported to the platinum single crystal side by recently that the diamond film with which a grain boundary is not seen grows by gaseous-phase composition, and it is thought by it that the thermal resistance of such film is close to a bulk diamond.

[0027]

[Example] An example is explained referring to a drawing. Drawing 1 and drawing 2 show the infrared light source L of the 1st example. In these drawings, it is the diamond film with which 1 was carried out at the insulating substrate and gaseous-phase composition of 2 was carried out on the top face of this insulating substrate 1, and 2 is the p type semiconductor diamond film (the p type semiconductor diamond film is hereafter expressed with sign 2P) in this example. 3 is an electrode which sets proper spacing on this top face of p type semiconductor diamond film 2P, and is formed in it. And unlike other partial 2bs of p type semiconductor diamond film 2P, as shown in drawing 2 , partial 2a between two electrodes 3 of p type semiconductor diamond film 2p has a long and slender flat-surface configuration, and is formed in the condition of having moved in a zigzag direction, and becomes an infrared light-emitting part. 1a is the etching section deleted by etching in the part corresponding to light-emitting part 2a of an insulating substrate 1.

[0028] As said insulating substrate 1, Si substrate which formed nitrides (Si₃N₄ etc.) in the front face, for example can be used, and p type semiconductor diamond

film 2P are formed in the top face of this nitride. And although what contains at least one or more elements chosen from Pt, Au, Mo, nickel, W, and Ti as an ingredient of an electrode 3 can be used, it is most desirable to use Pt alone. Moreover, the laminating of the Pt may be carried out, and an electrode 3 may be formed in Ti (10-500A), or you may form with the alloy ingredient which mixed Ti (0.1 - 5%) with Pt.

[0029] Drawing 11 shows an example of microwave CVD system 4 for carrying out gaseous-phase composition of p type semiconductor diamond film 2P to the nitride front face of an insulating substrate 1, and they are the coil with which 5 consists of a quartz in this drawing, and the waveguide formed as crossed at right angles in a coil 5 and 6. The inlet 7 of material gas is formed in the end side of a coil 5, and the exhaust port 8 which stands in a row in the passage equipped with the vacuum pump which is not illustrated is formed in the other end side. 9 is a substrate holder with which the location is adjusted by the centering-control means 10. The microwave power source 11 is formed in the end side of a waveguide 6, and the reflecting plate 13 equipped with the plunger 12 is formed in the other end side. 14 is an isolator and 15 is a tuner.

[0030] In order to carry out gaseous-phase composition of p type semiconductor diamond film 2P on an insulating substrate 1 using above-mentioned microwave CVD system 4, an insulating substrate 1 is first held to the substrate holder 9. And while holding to a sink what added 0.01-100 ppm (B-2 H6) of diboron hexahydrides to the hydrogen and methane mixed-gas 100sccm diluted with hydrogen gas to 0.2 - 5% and holding the inside of a coil 5 as material gas in a coil 5 at 30 - 60Torr, the temperature of an insulating substrate 1 is held at 750-890 degrees C, and the microwave power of 300-500W is given in the condition. Said material gas serves as plasma 16 with the electron excited by microwave, this carries out gaseous phase reaction on an insulating substrate 1, and diamond structure is formed. Thus, if gaseous-phase composition is continued for 20 hours, p type semiconductor diamond film 2P [with a thickness of 10 micrometers] will be formed on an insulating substrate 1.

[0031] (Boron B) doping concentration in said p type semiconductor diamond film 2P is 1016-/cm³ - 1022-/cm³. The said concentration is desirable. For this, the concentration of B doping is 1016-/cm³. If low, it will become high resistance, and it is 1022-/cm³. When it exceeds, it is because the crystallinity of p type semiconductor diamond film 2P worsens.

[0032] The insulating substrate 1 in which said p type semiconductor diamond film

2P were formed is taken out from microwave CVD system 4, and it is made the configuration where band-like [long and slender] moved center-section 2a of p type semiconductor diamond film 2P in a zigzag direction covering predetermined die length with the photolithography technique. This center-section 2a becomes a light-emitting part.

[0033] Subsequently, the insulating substrate 1 in which said light-emitting part 2a was formed is set in a vacuum evaporation system, Pt is vapor-deposited on the top face of p type semiconductor diamond film 2P of the both sides of said light-emitting part 2a, and an electrode 3 is formed in it. Furthermore, the infrared light source L shown in drawing 1 and drawing 2 is acquired by etching and removing the part corresponding to light-emitting part 2a of an insulating substrate 1.

[0034] Thus, when the constituted infrared light source L impresses an electrical potential difference to said electrode 3, light-emitting part 2a generates heat and emits light, and desired infrared radiation is emitted.

[0035] And in said infrared light source L, while excelling in endurance for the stability of the diamond film 2, the temperature can be **(ed) and lowered according to heat capacity being small at high speed. Moreover, the whole configuration is compact.

[0036] moreover -- since light-emitting part 2a consists of p type semiconductor diamond film 2P B dope of was done in said infrared light source L -- the resistance -- a negative temperature coefficient -- having -- a thermistor -- * -- it carries out and the temperature of the light source itself can be measured. And temperature can be kept constant by controlling a current so that said resistance becomes fixed.

[0037] Drawing 3 and drawing 4 show the infrared light source L of the 2nd example. The diamond film 2 formed in the top face of an insulating substrate 1 consists of p type semiconductor diamond film 2P and diamond film 2U of undoping, and the infrared light source L in this example forms undoping diamond film 2U in an insulating substrate 1, and is carrying out the laminating of p type semiconductor diamond film 2P to the top face of this undoping diamond film 2U. Other configurations are the same as it of the 1st example of the above.

[0038] Said undoping diamond film 2U can be formed using microwave CVD system 4 shown in drawing 1111. That is, an insulating substrate 1 is held to the substrate holder 9. And while holding to a sink the hydrogen and methane mixed-gas 100sccm diluted with hydrogen gas to 0.2 – 5% and holding the inside of a coil 5 as material gas in a coil 5 at 30 – 60Torr, the temperature of an insulating substrate 1 is held at

750–890 degrees C, and the microwave power of 300–500W is given in the condition. Said material gas serves as plasma 16 with the electron excited by microwave, this carries out gaseous phase reaction on an insulating substrate 1, and diamond structure is formed. Thus, if gaseous-phase composition is continued for 20 hours, with a thickness of 10 micrometers undoping diamond film 2U will be formed on an insulating substrate 1.

[0039] Then, after forming p type semiconductor diamond film 2P and an electrode 3 in the top face of undoping diamond film 2U with the same procedure as the 1st example of the above, the infrared light source L as shown in drawing 3 and drawing 4 can be acquired by processing similarly.

[0040] Actuation of the infrared light source L of this 2nd example is the same as the thing of the 1st example of the above. And the 1st example of the above boils the infrared light source L of this 2nd example, in addition it does the following effectiveness so. That is, since the diamond film 2 carries out the laminating of p type semiconductor layer 2P on undoping layer 2U, homoepitaxial growth becomes possible and a film property becomes homogeneity.

[0041] In addition, in this 2nd example, although not illustrated, even if the undoping layer of the top face of p type semiconductor layer 2P commits the passivation which is p type semiconductor layer 2P and a front face is somewhat etched with the oxygen in atmospheric air by carrying out the laminating of the undoping layer to the top face of p type semiconductor layer 2P further, p type semiconductor layer 2P are not affected.

[0042] Drawing 5 shows the infrared light source L of the 3rd example. The infrared light source L in this example is 3–1023/cm³ of 1020–/cm about B doping concentration in p type semiconductor diamond film 2P of electrode 3 directly under. It is what was made into the said high concentration, and the sign 17 in drawing shows the high concentration B doping section. Thus, the actuation and effectiveness of the infrared light source L which were constituted do so the effectiveness that it is the same as that of said 2nd example, and contact resistance can be further reduced by doping directly under electrode 3 to high concentration (heavy dope).

[0043] In addition, as shown in above-mentioned drawing 5, it cannot be overemphasized that making B doping concentration in p type semiconductor diamond film 2P of electrode 3 directly under into high concentration may apply also to said 1st example and 2nd example.

[0044] Moreover, in each above-mentioned example, when the diamond film 2 makes

the all independence nature, an insulating substrate 1 can be omitted. And it is good only also considering light-emitting part 2a of the diamond film 2 as independence nature, and it good to form an insulating substrate 1 in this case.

[0045] And although diamond film 2 itself was used as the infrared emitter in each above-mentioned example, this invention is not restricted to this and can be the following.

[0046] Drawing 6 and drawing 7 show the infrared light source L of the 4th example. The infrared light source L in this example forms the conductive thin film 18 in the top face of the diamond film 2, and is using this conductive thin film 18 as an electrode-cum-the light-emitting part. That is, for example, undoping diamond film 2U is formed in the top face of an insulating substrate 1, metals, such as Pt, are vapor-deposited on the top face of this undoping diamond film 2U, and the conductive thin film 18 is formed in it. And center-section 18a of the conductive thin film 18 is made into the long and slender band-like configuration where it moved in a zigzag direction, with a photolithography technique covering predetermined die length, use it as a line wire light-emitting part, and let the both-ends 18b be an electrode.

[0047] Thus, when constituted, according to the heat capacity of the diamond film 2 being small, ** and a temperature fall are quick, and since it is the stability of the diamond film 2, change of diffusion of the conductive thin film 18 etc. can acquire the infrared light source L with little high endurance.

[0048] And in this 4th example, the diamond film 2 may consist of p type semiconductor diamond film 2P. When it does in this way, temperature can be uniformly held like the 1st example.

[0049] Drawing 8 shows the infrared light source L of the 5th example. The infrared light source L in this example is what constituted the diamond film 2 from p type semiconductor diamond film 2P and diamond film 2U of undoping, forms undoping diamond film 2U in an insulating substrate 1, and is carrying out the laminating of p type semiconductor diamond film 2P to the top face of this undoping diamond film 2U. Other configurations are the same as that of the 4th example of the above.

[0050] Drawing 9 shows the infrared light source L of the 6th example. The infrared light source L in this example the diamond film 2 (it may be p type semiconductor diamond film 2P, or you may be undoping diamond film 2U) Set the center section to self-standing partial 2j, and the both sides are used as 2h of non-self-standing parts. While using as the light-emitting part of predetermined thickness partial 18a corresponding to self-standing partial 2j of the conductive thin film 18 formed on

this diamond film 2, thickness of partial 18b corresponding to 2h of non-self-standing parts is made larger than that of said light-emitting part 18a.

[0051] Drawing 10 shows the infrared light source L of the 7th example. The infrared light source L in this example forms the electrode 19 for electric resistance measurement in the top face of an insulating substrate 1, subsequently, leaves some electrodes 19, forms p type semiconductor diamond film 2P, carries out the laminating of the undoping diamond film 2U to that top face, and forms in the top face of this undoping diamond film 2U the same conductive thin film 18 as what is shown in drawing 9 R> 9.

[0052] Thus, since it sets to the constituted infrared light source L and the temperature of light-emitting part 18a can be measured or presumed, temperature control of light-emitting part 18a can be performed with a more sufficient precision.

[0053] this invention is not restricted to an above-mentioned example, can deform into versatility and can be carried out. For example, two or more light-emitting parts may be formed in the shape of one insulating-substrate 1. And it is not necessary to make the configuration of light-emitting parts 2a and 18a not necessarily move in a zigzag direction, and you may change it into the condition of having continued this part, and it may be made into various pattern configurations. moreover, the diamond film 2 -- or (100) (111) long-term degradation of the diamond film 2 can be reduced by considering as your kind consideration tropism film by which orientation was carried out.

[0054]

[Effect of the Invention] This invention is carried out with the above gestalten and does the following effectiveness so.

[0055] Since a diamond is used as a component and heat capacity is small while excelling in thermal resistance, the infrared light source of this invention can be **(ed) and lowered at high speed, and is excellent in responsibility. Moreover, the whole configuration is compact.

[0056] And since the resistance has a negative temperature coefficient when a light-emitting part consists of p type semiconductor diamond film of which B dope was done, the temperature of the light source itself can be measured. And temperature can be kept constant by controlling a current so that said resistance becomes fixed.

[0057] Moreover, when the laminating of an undoping layer and the p type semiconductor layer is carried out in this order and the diamond film is formed, a p type semiconductor layer can be grown homoepitaxially and a film property becomes

homogeneity.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing of longitudinal section showing the infrared light source of the 1st example.

[Drawing 2] It is the perspective view showing said whole infrared light source configuration.

[Drawing 3] It is drawing of longitudinal section showing the infrared light source of the 2nd example.

[Drawing 4] It is the perspective view showing said whole infrared light source configuration.

[Drawing 5] It is drawing of longitudinal section showing the infrared light source of the 3rd example.

[Drawing 6] It is drawing of longitudinal section showing the infrared light source of the 4th example.

[Drawing 7] It is the perspective view showing said whole infrared light source configuration.

[Drawing 8] It is drawing of longitudinal section showing the infrared light source of the 5th example.

[Drawing 9] It is drawing of longitudinal section showing the infrared light source of the 6th example.

[Drawing 10] It is drawing of longitudinal section showing the infrared light source of the 6th example.

[Drawing 11] It is drawing showing an example of a microwave CVD system roughly.

[Description of Notations]

1 [-- The undoping diamond film 2a / -- A light-emitting part, 3 / -- An electrode, 18 / -- A conductive thin film, 18a / -- Light-emitting part.] -- An insulating substrate, 2 -- The diamond film, 2P -- The p type semiconductor diamond film, 2U